

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Факультет хімії та фармації
Кафедра аналітичної та токсикологічної хімії

Дипломна робота

на здобуття ступеня вищої освіти магістра

на тему: «Твердофазно-спектрофотометричне визначення
молібдену з використанням катіоніту КУ-2-8 модифікованим
хлорид 6,7-дигідрокси-2-метил-4-фенілбензопірилієм»

«Solid-phase spectrophotometric determination of molybdenum using CU-2-8
modified with 6,7-dihydroxy-2-methyl-4-phenylbenzopyrylium chloride»

Виконала: студентка денної форми навчання
спеціальності 102 Хімія

Жуковецька Олена Михайлівна

Керівник: к. х. н., доц. Гузенко О. М. _____
(підпис)

Рецензент: к. х. н., доц. Перлова О. В.

Рекомендовано до захисту:
протокол засідання кафедри
№ __ від __ грудня 2019 р.

Захищено на засіданні екзаменаційної комісії №__
протокол № __ від «__» _____ 2019 р.
Оцінка _____ / _____ / _____
(за національною шкалою, за шкалою ECTS, бал)

Завідувач кафедри
_____ к. х. н., доц. Чеботарьов О. М.
(підпис)

Голова екзаменаційної комісії
_____ к. х. н., доц. Чеботарьов О. М.
(підпис)

Одеса – 2019

РЕФЕРАТ

Дипломна робота виконана на кафедрі аналітичної та токсикологічної хімії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова і присвячена дослідженню особливостей сорбційного вилучення молібдену хлорид 6,7-дигідрокси-2-метил-4-фенілбензопірилії хлоридом, іммобілізованому на КУ-2-8. Робота є частиною та логічним продовженням наукових досліджень, що проводяться за важливішою тематикою кафедри НДР №145 «Обґрунтування вибору методів концентрування, розділення та визначення мікрокількостей речовин з близькими фізико-хімічними властивостями» (номер держ. реєстрації 0115/U001937).

Мета роботи: встановлення особливостей твердофазно-спектрофотометричного визначення молібдену на поверхні органополімерного сорбенту КУ-2-8 модифікованим 6,7-дигідрокси-2-метил-4-фенілбензопірилії хлоридом.

Досліджено механізм вилучення молібдену модифікованою поверхнею КУ-2-8 у статичних та динамічних умовах. Шляхом обробки отриманих експериментальних даних розраховані масообмінні та термодинамічні параметри сорбційної системи.

Можлива область застосування: виявлення молібдену у водах різних категорій.

Ключові слова: хлорид 6,7-дигідрокси-2-метил-4-фенілбензопірилії, катіонообмінник КУ-2-8, модифікація, молібден, твердофазно-спектрофотометрія.

Дипломна робота складається з: 57 стор. машинописного тексту, 18 рис., 6 табл., 86 використаних джерел літератури.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	6
1.1. Хімічні основи тестів: реакції та реагенти	6
1.2. Хімія щеплених поверхневих сполук. Вибір модифікатору. Якірна група	9
1.3. Метод твердофазно-спектрофотометричного аналізу	14
1.4. Загальна характеристика та використання хроменолів в аналітичній практиці	19
1.5. Загальна характеристика та визначення сполук молібдену	23
РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	26
2.1. Об'єкти дослідження та апаратура	26
2.2. Методики проведення експерименту	27
2.2.1. <i>Методика підготовки іонітів для використання</i>	27
2.2.2. <i>Методика спектрофотометричного визначення молібдену(VI) з саліцилфлуороном</i>	27
2.2.3. <i>Оптимізація умов сорбційного вилучення молібдену(VI) модифікованою МФДОХ поверхнею КУ-2-8</i>	28
2.2.4. <i>Методика твердофазно-спектрофотометричного визначення молібдену(VI)</i>	29
2.2.5. <i>Методика вилучення МФДОХ за допомогою катіонообмінника КУ-2-8 у статичному режимі</i>	29
2.2.6. <i>Методика вилучення Мо(VI) за допомогою модифікованого МФДОХ катіонообмінника КУ-2-8 у динамічному режимі</i>	30
2.2.7. <i>Методика вивчення десорбції Мо(VI) з модифікованої МФДОХ поверхні сорбенту КУ-2-8</i>	32
2.3. Результати та їх обговорення	33
2.3.1. <i>Твердофазно-спектрофотометричне визначення Мо(VI) модифікованим МФДОХ катіонообмінником КУ-2-8</i>	33
2.3.2. <i>Дослідження процесу сорбційного вилучення Мо(VI) модифікованим КУ-2-8 у статичному та динамічному режимах</i>	37
2.3.3. <i>Вивчення впливу температури на процес сорбційного вилучення Мо(VI) модифікованим МФДОХ іонітом КУ-2-8</i>	40
ВИСНОВКИ	47
ЛІТЕРАТУРА	48

ВСТУП

Твердофазно-спектрофотометричний (ТСФ) метод аналізу представляє великий інтерес в області аналітичної хімії. Запропонований вперше у 70-х роках минулого віку, він й досі маловивчений та його розвиток може сильно збільшити можливості якісного та кількісного аналізу. ТФС – гібридний метод аналізу, що поєднує концентрування і визначення і заснований на прямому вимірюванні світлопоглинання твердої фази після сорбції (екстракції) визначається елемента [14 - 16].

Більшість прямих оптичних вимірювань твердої фази засновані на вимірі поглинання світла у вигляді оптичної щільності. Прямі вимірювання на твердій фазі є перспективним застосуванням гетерогенних систем в аналітичній хімії, в яких аналітичний сигнал записується одночасно зі збереженням аналіту на відповідному носії [41 - 48].

В свою чергу, для досягнення більш ефективного вилучення речовин з розчину застосовують різні методи модифікування поверхонь. Фіксація активного компонента на поверхні носія може здійснюватися за рахунок фізичних або хімічних взаємодій. Останній тип взаємодій переважний, так як вони дозволяють домогтися значно більшої стійкості одержуваних матеріалів до різних впливів зовнішнього середовища і, отже, більшої стабільності дії поверхнево-модифікованих матеріалів. При хімічному закріпленні можна досягти як зменшення кількості необхідного для модифікації активного компонента, так і зберегти та поліпшити характеристики отриманого твердофазного реагенту [10-15].

Таким чином, одним з найбільш перспективних шляхів отримання систем «активний компонент на носії» є хімічне закріплення різних речовин на твердих підкладках. Дійсно, іммобілізовані ферменти, сенсори, гетерогенні металокомплексні каталізатори, нерухомі фази для рідинної і газової хроматографії, наповнювачі полімерів, стабілізатори емульсій і багато інших матеріалів отримують шляхом хемосорбції того чи іншого

активного компонента на відповідному носії. Хімічні властивості таких поверхнево-модифікованих матеріалів визначаються природою закріпленої сполуки, тоді як фізико-механічні – природою носія [22-27].

Мета роботи: встановлення особливостей твердофазно-спектрофотометричного визначення молібдену на поверхні органополімерного сорбенту КУ-2-8 модифікованого 6,7-дигідрокси-2-метил-4-фенілбензопірилії хлоридом.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні *задачі*:

- отримати ряд градуювальних графіків Мо(VI) на твердій фазі;
- оптимізувати умови сорбційного вилучення Мо(VI) на поверхні органополімерного сорбенту КУ-2-8 модифікованим 6,7-дигідрокси-2-метил-4-фенілбензопірилії хлоридом у статичному та динамічному режимах;
- дослідити десорбцію Мо(VI) з поверхні органополімерного сорбенту КУ-2-8 модифікованим 6,7-дигідрокси-2-метил-4-фенілбензопірилії хлоридом;
- побудувати ізотерми сорбції Мо(VI) при різних температурах 20 – 30 – 40°C;
- розрахувати термодинамічні параметри сорбційної системи «Мо(VI) – поверхня модифікованого органополімерного сорбенту».

Методи дослідження: спектрофотометрія, рН-метрія, сорбція.

ВИСНОВКИ

1. Досліджено особливості твердофазно-спектрофотометричного визначення Мо(VI) модифікованим хлорид 6,7-дигідрокси-2-метил-4-фенілбензопірилієм (МФДОХ) катіонообмінником КУ-2-8.

2. Встановлені оптимальні умови сорбційного вилучення Мо(VI) у статичних та динамічних умовах.

Статичний режим:

- наважка сорбенту складає 0,8 г;
- кислотність середовища рН 5,5;
- діаметр зерен іоніту – 0,43÷0,50 мм;
- час контакту фаз – 60 хвилин.

Динамічний режим:

- наважка сорбенту складає 0,8 г;
- кислотність середовища рН 5,5;
- діаметр зерен іоніту – 0,43÷0,50 мм;
- діаметр сорбційної колонки – 10 мм;
- об'ємна швидкість проходження сорбату через шар сорбенту – 2 мл/хв.

3. Встановлено, що при обробці сорбенту КУ-2-8 модифікованого МФДОХ, після вилучення Мо(VI) дистильованою водою та розчином H_2SO_4 (1 Н) десорбції Мо(VI) з поверхні не відбувається. На відміну від цього, при обробці розчином лугу NaOH (1 Н) відсоток десорбції складе 98%.

4. Розраховані термодинамічні та кінетичні параметри системи Мо(VI)·МФДОХ – КУ-2-8, показано що формування сорбційного шару відбувається переважно за хемосорбційним механізмом.

5. За допомогою ізотерм адсорбції у системі Мо(VI)·МФДОХ – КУ-2-8 проведено порівняльний аналіз механізму формування адсорбційного шару на поверхні носія при варіюванні режиму концентрування та температури. Встановлено, що отримані ізотерми L2-типу (статичний режим) та S2-типу (динамічний режим).

ЛІТЕРАТУРА

1. Иванов В. М. Применение модифицированных ксерогелей в тест-методах анализа / В. М. Иванов, Г. А. Кочелаева // Вестник Моск. ун-та. Серия 2. «Химия», – 2001. – Т. 42, № 2. – С. 103.
2. Иванов В. М. Гетероциклические азотсодержащие азосоединения / В. М. Иванов // М.: Наука. – 1982. – С. 230.
3. Иванов В. М. Сорбционно-цветометрическое и тест-определение меди в водах / В. М. Иванов, Г. А. Кочелаева // Вестн. Моск. ун-та, серия 2 «Химия». – 2001. – Т. 42, № 2. – С. 103–105.
4. Амелин В. Г. Применение в тест-методах индикаторных бумаг, содержащих дитизонаты металлов / В. Г. Амелин // Журн. аналит. химии. – 1999. – Т. 54, № 7. – С. 753–757.
5. Амелин В.Г. Тест-метод анализа с применением иммобилизованных на бумаге ассоциатов азопроизводных пирокатехина, триоксифлуоронов с цетилпиридином и их хелатов с ионами металлов // В.Г. Амелин., В.М. Иванов– Журн. аналит. химии. – 2000. – Т. 55, № 4. – С. 411–418.
6. Амелин В.Г. Модифицированные поверхностно-активными веществами органические реагенты и реактивные индикаторные бумаги в фотометрических и тест-методах определения микрокомпонентов / В.Г. Амелин. – М.: МГУ. 1998. – 283 с.
7. Чернова Р. К. Разработка новых материалов и тест-систем для сорбции и анализа нефтепродуктов и нефти / Р. К. Чернова, С. И. Штыков, Л. А. Аграновская., В. Д. Бубело. – М.: МГУ, 1990, – №13. – С. 234.
8. Панталер Р. П. Экспрессное полуколичественное определение железа в питьевой воде с помощью индикаторной бумаги / Р. П. Панталер, А. К. Тимченко, Л. И. Авраменко, А. Б. Бланк // Журн. аналит. химии. –1997. – Т. 52, №4. – С. 384–386.
9. Алесковский В. Б. Курс химии надмолекулярных соединений / В. Б. Алесковский – Л.: Изд-во ЛГУ, 1990. – 284 с.

10. Ostrowskaya V. M. Use of polyurethane foam and 3-hydroxy-7,8-benzo-1,2,3,4-tetrahydroquinoline for determination of nitrite by diffuse reflectance spectroscopy and colorimetry / V. M. Ostrowskaya, Yu. A. Zolotov, E.M. Morosanova // *Presenilis J. Anal. Chem.* – 1998. – №361 – С. 300.
11. Органические реагенты в аналитической химии: Тез. докл. VII Всерос. конф. / В. Г. Амелин, И. С. Колодкин – Саратов: Тез., 1999. – С. 345.
12. Линь Янь Высокомолекулярные соединения / Линь Янь, В. А. Деревицкая, З.А. Рогозин – М.: Химия, 1959. – 157 с.
13. Рогозин З.А. Химические превращения и модификация целлюлозы / З.А. Рогозин, Л. С. Гальбрайх. – М.: Химия, 1979. – 208 с.
14. Rocha F. R. P. Direct Solid-Phase Optical Measurements in Flow Systems: A Review / , F. R. P. Rocha, I. M. Jr. Raimundo, L. S. G. Teixeira – *Analytical Letters*, 2011. – Т. 44 – С. 528-559.
15. Брыкина Г. Д. Твердофазная спектрофотометрия / Г. Д. Брыкина, Л. С. Крысина, В. М. Иванов // *Журнал аналитической химии.* – 1988. – Т. 43, №9. – С. 1547–1560.
16. Брыкина Г. Д. Твердофазная спектрофотометрия / Г. Д. Брыкина, Д. Ю Марченко, О. А. Шпигун // *Журнал аналитической химии.* – 1995. – Т. 50, № 5. – С. 484–491.
17. Быховская М.С. Методы определения вредных веществ в воздухе / М. С. Быховская, С. Л. Гинзбург, О. Д. Хализова // *Медицина.* – 1966. – Т. 1. – С. 157.
18. Хрипушин В. В. Цветометрические методики определения цветного числа растительных масел / В. В. Хрипушин, Л. В. Рудакова, О. Б. Рудаков, О. В. Байди-чсва // *Журнал аналитической химии.* – 2008. – Т. 74, № 5. – С. 9–12.
19. Байдичева О. В. Применение сканерметрии в контроле качества отделочных материалов / О. В. Байдичева, И. В. Бочарникова, О. Б. Рудаков, В. В. Хрипушин // *Научный вестник ВГАСУ. Серия: Физико-химические проблемы строительного материаловедения.* – 2008. – Вып. 1. – С. 100–105.

20. Ломова Т. С. Цветометрическое количественное определение антоциановых пигментов в спиртовых и водных растворах / Т. С. Ломова, В. В. Хрипушин, В. М. Болотов, О. В. Байдичева, О. Б. Рудаков // Пиво и напитки. – 2008. – №1. – С. 42–44.
21. Красиков В. Д. Основы планарной хроматографии / В. Д. Красиков – СПб.: Химиздат, 2005. – 231 с.
22. Ensafi Ali A. Monitoring nitrite with optical sensing films / Ali A. Ensafi , A. Kazemzadeh // Microchemical Journal. – 2002. – V. 72 – P. 193–199.
23. Ensafi Ali A. A highly selective optical sensor for catalytic determination of ultra-trace amounts of nitrite in water and foods based on brilliant cresyl blue as a sensing reagent / Ali A. Ensafi, M. Amini // Sensors and Actuators B. – 2010. – V. 147 – P. 61–66.
24. Fang Y. A Dip-and-Read Test Strip for the Determination of Nitrite in Food Samples for the Field Screening / Y. Fang, Z. Gao, S. Yan, H. Wang, H. Zhou // Analytical Letters. – 2005. – V. 38. – P. 1803–1811.
25. Abbas M. N. Determination of traces of nitrite and nitrate in water by solid phase spectrophotometry / M.N. Abbas, G.A. Mostafa // Analytica Chimica Acta – 2000. – V. 410. – P. 185–192.
26. Дмитриенко С. Г. Использование реакций диазотирования и азосочетания с участием пенополиуретана для определения нитрит-ионов с помощью спектроскопии диффузного отражения и цветометрических сканертехнологий / С. Г. Дмитриенко, В. В. Апяри, О. А. Свиридова, С. А. Бадакова, Ю. А. Золотов // Вестн. моск. ун-та. сер. 2. химия – 2004. – Т. 45. – №2 – С. 131-138.
27. Capitan-Vallvey L. F. Test strip for determination of nitrite in water / L. F. Capitan-Vallvey, R. Avidad, M. D. Fernandez-Ramos, A. Ariza-Avidad, E. Arroyo // Anal Bioanal Chem. – 2002. – 373 – P. 289–294.
28. Марченко Д. Ю. Использование реакций диазотирования и азосочетания для определения нитритов методом твердофазной спектроскопии / Д. Ю.

- Марченко, Г. Д. Брыкина О. А. Шпигун // Журн. аналит. химии. – 1997. – Т. 52, №1. – С. 17–21.
29. Кушнер М. М. Тест-системы для индикации тяжелых металлов / М. М. Кушнер, Н. А. Классовская, Б. П. Земский // АС СССР 1698756. БИ – 1989. – №46.
30. Fang Y. A Dip-and-Read Test Strip for the Determination of Nitrite in Food Samples for the Field Screening / Y. Fang, Z. Gao, S. Yan, H. Wang, H. Zhou // Analytical Letters – 2005. – V. 38 – P. 1803–1811.
31. Балекаев А. Г. Разработка технологии формирования биосенсорных тест-систем на основе композиционных материалов / А. Г. Балекаев, М. А. Балаян // АС СССР 1797054. – БИ – 1993. – №7.
32. Максимова И. М. Сорбция золота / И. М. Максимова, Е. И. Моросанова, А. А. Кухмо, Н. М. Кузьмин, Ю. А. Золотов // Журн. аналит. химии. – 1994. – №11. – С. 1210.
33. Панталер Р. П. Разработка химических тест-методов / Р. П. Панталер, А. К. Тимченко, Л. И. Авраменко, А. Б. Бланк // Журн. аналит. химии. – 1997. – Т. 52, №4. – С. 384.
34. Иванов В. А. Разработка химических тест-методов / В. А. Иванов, А. Г. Ширинова // Вестн. Моск. ун-та. – 1992. – Т. 33. – С. 63.
35. Линь Янь Высокомолекулярные соединения / Линь Янь, В. А. Деревицкая, З. А. Рогозин – М.: Химия, 1959. – 157 с.
36. Фенелонов В. Б. Введение в основы адсорбции / В. Б. Фенелонов // Химия и жизнь. – 2001. – С. 234.
37. Hamoudi S. Synthesis and potential applications of the modified ordered mesoporous silicas // Hamoudi S., Yang Y., Moudrakovski I. L., Lang S., Sayari A. // J. Phys. Chem. – 2001. – V. 105, №38. – P. 9118.
38. Han Yu A Novel Method for Incorporation of Heteroatoms into the Framework of Ordered Mesoporous Silica Materials Synthesized in Strong Acidic Media Han Yu, Xiao et al. // J. Phys. Chem. – B. 2001. – V. 105, №33. – P. 7963.

39. Benjelloun M. Pore structure and surface area of silica / M. Benjelloun, M., Voort. P. Van der, Coll P. et al. // *Phys. Chem. Chem. Phys.* – 2001. – V. 3, №1. – P.127.
40. Алесковский В. Б. Курс химии надмолекулярных соединений / В. Б. Алесковский – Л.: Изд-во ЛГУ, 1990. – 284 с.
41. Тертых В. А. Химические реакции с участием поверхности кремнезема / В. А. Тертых, Л. А. Белякова // Киев: Наукова думка, 1991. – 260 с.
42. Itoh A. Chiral Phosphine-Free Pd-Mediated Asymmetric Allylation of Prochiral Enolate with a Chiral Phase-Transfer Catalyst / A. Itoh, T. Kodama, S. Inagaki, Y. Masaki, // *Org.Lett.* – 2001. – V.3, №17. – P.2653.
43. Kolpakova N. A. Stripping voltammetric determination of bismuth in raw gold ores / N. A. Kolpakova, T. S. Glyzina // *Journal of Analytical Chemistry.* – 2009. – V. 64, № 12. – P. 1259–1263.
44. Xiaoyu Jia Dispersive liquid–liquid microextraction combined with flow injection inductively coupled plasma mass spectrometry for simultaneous determination of cadmium, lead and bismuth in water samples / Jia Xiaoyu, Han Yi, Liu Xinli, Duan Taicheng, Chen Hangting // *Microchimica Acta.* – 2010. – V. 171, №1-2. – P. 49–56.
45. Лисичкин Г. В. Направленный синтез твердых веществ / Г. В. Кудрявцев, Ю. П. Вировец, Г. В. Лисичкин / СПб.: Изд-во СПб ун-та, 1992. – 52с.
46. Лисичкин Г. В. Модифицированные кремнеземы в сорбции, катализе и хроматографии / Г. В. Лисичкин – СПб.: Изд-во СПб ун-та, 1992. – 52с. – 1986. – 248 с.
47. Киселев А. В. Межмолекулярные взаимодействия в адсорбции и хроматографии / А. В. Киселев. — М.: Высш. шк., 1986. – 360 с.
48. Candir Secil, Ligandless cloud point extraction of Cr(III), Pb(II), Cu(II), Ni(II), Bi(III), and Cd(II) ions in environmental samples with Tween 80 and flame atomic absorption spectrometric determination / Secil Candir, Ibrahim Narin, Mustafa Soylak // *Talanta.* – 2008. – V. 77, №1. – P. 289–293.

49. Кононенко Л. И. Применение о-диоксихроменолов для колориметрического определения циркония и гафния / Л. И. Кононенко, Н. С. Полуэктов // Укр. хим. журн. – 1960. – Т. 26, №2. – С. 246–251.
50. Танцюра Г. Ф. Исследование комплексов галлия и индия с производными о-диоксихроменолов / Г. Ф. Танцюра, Н. Л. Оленович // Тез. докл. на XI Укр. респ. конф. по неорг. химии (Симферополь, 8-10 сент., 1981). – Симферополь, 1981. – С. 289.
51. Блажей А. Фенольные соединения растительного происхождения / А. Блажей Л. Шутый; Пер. с словац. А. П. Сергеева. – М.: Мир, 1977. – 239с.
52. Полуэктов Н.С. Смешанные комплексы ионов редкоземельных элементов с орто-диоксихроменоломи и 2-теноилтрифторацетоном и их использование в анализе / Н. С. Полуэктов, М. А. Санду, Р. С. Лауэр // Журн. аналит. химии. – 1970. – т.25, № 5. – С. 899–903.
53. Чеботарёв А. Н. Комплексообразование 6,7-дигидрокси-2,4-дифенилбензопирилия с Vi(III) и его спектрофотометрическое определение в фармацевтических препаратах / А. Н. Чеботарёв, Д. В. Снигур, Д. А. Барбалат, К. В. Плюта, А.С. Койчева // Вопр. хим. и хим. технол. – 2017. – Т.1 (110). – С. 36-42.
54. Чеботарёв А. Н. Комплексообразование Mo(VI) и W(VI) с некоторыми производными хлорида 6,7-дигидроксибензопирилия в растворах / А. Н. Чеботарёв, Д. В. Снигур, Д. А. Барбалат, А. С. Михайлова // Укр. хим. журн. – 2016. – Т. 82, № 11. – С. 44-51.
55. Полуэктов Н. С. Взаимодействие ионов редкоземельных элементов с 6,7-диокси-2,4-дифенилбензопиранолом / Н. С. Полуэктов, М. А. Санду // Журн. аналит. химии. – 1969. – Т.24, №10. – С. 1472–1475.
56. Kolpakova N. A. Stripping voltammetric determination of bismuth in raw gold ores / N. A. Kolpakova, T. S. Glyzina // Journal of Analytical Chemistry. – 2009. – V. 64, №12. – P. 1259–1263.
57. Xiaoyu Jia Dispersive liquid–liquid microextraction combined with flow injection inductively coupled plasma mass spectrometry for simultaneous

- determination of cadmium, lead and bismuth in water samples / Jia Xiaoyu, Han Yi, Liu Xinli, Duan Taicheng, Chen Hangting // *Microchimica Acta*. – 2010. – V. 171, №1-2. – P. 49–56.
58. Candir Secil Ligandless cloud point extraction of Cr(III), Pb(II), Cu(II), Ni(II), Bi(III), and Cd(II) ions in environmental samples with Tween 80 and flame atomic absorption spectrometric determination / Secil Candir, Ibrahim Narin, Mustafa Soylak // *Talanta*. – 2008. – V. 77, №1. – P. 289–293.
59. Dedkova V. P. Adsorption and determination of bismuth with 4-(2-pyridylazo)resorcinol on a fibrous ion exchanger / V. P. Dedkova, O. P. Shvoeva, S. B. Savvin // *Journal of Analytical Chemistry*. – 2010. – V. 65, № 6. – P. 577–581.
60. Jenny A. Oviedo Determination of molybdenum in plants by vortex-assisted emulsification solidified floating organic drop microextraction and flame atomic absorption spectrometry / Jenny A. Oviedo, Lucimar L. Fialho, Joaquim A. Nóbrega // *Spectrochimica Acta Part. B*. – 2013. – P. 4.
61. Chujie Zeng Hollowfiber supported liquid membrane extraction for ultrasensitive determination of trace lead by portable tungsten coil electrothermal atomic absorption spectrometry / Chujie Zeng, Xiaodong Wen, Zhiqiang Tan, Pingyang Cai, Xiandeng Hou // *Microchemical Journal*. – 2010. – V. 96. – P. 238–242.
62. Shvoeva O. P. Complexation of molybdenum(VI) and tungsten(VI) with pyrocatechol violet and phenylfluorone on a solid phase / O. P. Shvoeva, V. P. Dedkova, S. B. Savvin // *Journal of Analytical Chemistry*. – 2014. – V. 69. – №2. – p. 111–115.
63. Pytlakowska K. Spectrophotometric determination of molybdenum in the presence of tungsten using gallein and benzyldodecyldimethylammonium bromide / K. Pytlakowska, B. Feist // *Journal of Analytical Chemistry*. – 2013. – V. 68. – №1. – P. 39–40.
64. Zalov Z. Extraction-spectrophotometry determination of tungsten with 2-hydroxy-5-chlorothiophenol and hydrophobic amines / Z. Zalov, N. A. Verdizade // *Journal of Analytical Chemistry*. – 2013. – V. 68. – №3. – P. 212–217.

65. Zarei K. Simultaneous voltammetric determination of Mo(VI) and W(VI) by adsorptive differential pulse stripping method using adaptive neuro-fuzzy inference system / K. Zarei, M. Alinejad, R. Alizadeh // *Journal of Analytical Chemistry*. – 2013. – V. 68. – №10. – p. 885-890.
66. Shigenori Nakano Flow-injection catalytic spectrophotometric determination of molybdenum(VI) in plants using bromate oxidative coupling of p-hydrazinobenzenesulfonic acid with N-(1-naphthyl)ethylenediamine / Shigenori Nakano, Chie // *Journal of Analytical Chemistry*. – 2014. – V. 71. – №6. – p. 562-570.
67. Полуэктов Н.С. Смешанные комплексы ионов редкоземельных элементов с орто-диоксихроменоломи и 2-теноилтрифторацетоном и их использование в анализе / Н. С. Полуэктов, М. А. Санду, Р. С. Лауэр // *Журн. аналит. химии*. – 1970. – Т. 25, №5. – С. 899–903.
68. Назаренко В.А, Антонович В.П., Невська О.М. Гідроліз іонів металів в розбавлених розчинах // *Журн. аналит. химии*. – 2011. – Т. 25. – №5. – С. 899–903.
69. Кочалаева Г. А. Определение молибдена(VI) в растворе и на сорбенте / Г. А. Кочалаева, В. М. Иванов, А. Р. Гусейнова // *Журн. аналит. химии*. – 2002. – Т. 43. – №3. – С. 155–162.
70. Gillis J. L'ortho-oxy-phénylfluorone, réactif spécifique soit du molybdène, soit du cuivre / J. Gillis, A. Claeys, J. Hoste // *Analytica Chimica Acta*. – 1997. – №1. – С. 421–428.
71. Majumdar A. K. Spectrophotometric determination of molybdenum with 9-methyl-2,3,7-trihydroxy-6-fluorone / A.K. Majumdar, C.P. Savariar // *Analytica Chimica Acta*. – 1960. – №22. – С. 158–162.
72. Охрименко, Т. В. Исследование процессов комплексообразования молибдена (VI) с триоксифлуоронами в органической фазе: научное издание / Т. В. Охрименко // *Ж. прикл. химии*. – 1986. – Т. 59. – №10. – С. 2399-2401.
73. Гладкова О. Л. Колебательные спектры фенилфлуорона и их интерпретация / О. Л. Гладкова, А. Ю. Панарин, С. Н. Терехов // *Журнал прикладной спектроскопии*. – 2011. – Т. 78. – № 2. – С. 181–190.

74. Назаренко В. А. Триоксифлуороны как реагенты для фотометрического определения молибдена / В. А. Назаренко, М. Б. Шустова // Журнал аналитической химии. – 1963. – № 18. – С. 964–971.
75. Harborne J. B. The Flavonoids / J. B. Harborne, C. A. Williams // London: Chapman and Hall. – 1988. – Ch. 8. – P. 303–328.
76. Снигур Д. В. К вопросу о комплексообразовании Mo(VI) и W(VI) с морином и кверцетином в водных растворах / Д. В. Снигур, А. Н. Чеботарёв, К. В. Плюта // Серия Вестник ТвГУ: Химия. – 2017. – №3. – С. 6–12.
77. Чеботарёв А.Н., Гузенко Е.М., Постыка А.И. Термодинамические и кинетические особенности динамики сорбции комплексов хрома ионитами КУ-2-8 и АВ-17-8 // II Міжнародна наукова конференція “Хімічна термодинаміка і кінетика”. Збірка доповідей. – Донецьк: ДВНЗ "ДонНТУ". – 12-14 вересня, 2012. – С. 164–166.
78. Чеботарёв А.Н., Гузенко Е.М. Кинетика и термодинамика сорбции комплексов хрома с 1,5-дифенилкарбазидом и кармоaziном ионитами КУ-2-8 и АВ-17-8 // Вестник ОНУ. Сер. Химия – 2012. – Т. 17. – Вып. 2 (42). – С. 65–73.
79. Гузенко Е.М. Особенности динамики сорбции комплекса 1,5-дифенилкарбазоната хрома(III) катионитами КУ-2-8 и КБ-4п-2 из вод разных категорий // Вестник ОНУ. Сер. Химия. – 2013. – Т.18, Вып. 1(45). – С. 64–70.
80. Чеботарёв А.Н., Гузенко Е.М., Ефимова И.С. Особенности массообмена при сорбции комплекса хрома (VI) с кармоaziном на анионите АВ-17-8 // Вестник ОНУ. Серия Химия. – 2006. – Т. 11. - Вып. 1. – С. 59–61.
81. Чеботарёв А.Н., Гузенко Е.М., Ефимова И.С. Основные закономерности сорбции комплекса хрома(VI) с кармоaziном на анионообменнике АВ-17-8 // Вопросы химии и хим. технологии. – 2007. – №5. – С. 11 – 16.
82. Чеботарёв А.Н., Гузенко Е.М., Щербакова Т.М. Моделирование динамического процесса сорбции комплекса хрома (VI) с 1,5-

- дифенилкарбазидом на катионите КУ-2-8 // Вестник ОНУ. Сер. Химия - 2004. – Т.11. – Вып. 9 - 10. – С. 107–116.
83. Гузенко Е.М., Чеботарёв А.Н. Физико-химические особенности распределения комплекса хрома с 1,5-дифенилкарбазидом на поверхности сильнокислотного и слабокислотного ионообменников // Матеріали всеукраїнської конференції з міжнародною участю “Хімія, фізика та технологія поверхні”. – Київ. – 15-17 травня, 2013. – С. 37.
84. Чеботарёв А.Н., Гузенко Е.М., Постыка А.И. Термодинамические и кинетические особенности динамики сорбции комплексов хрома ионитами КУ-2-8 и АВ-17-8 // II Міжнародна наукова конференція “Хімічна термодинаміка і кінетика”. Збірка доповідей. – Донецьк: ДВНЗ "ДонНТУ". – 12-14 вересня, 2012. – С. 164–166.
85. A system of classification of solution adsorption isotherms, and its use in diagnosis of adsorption mechanisms and in measurement of specific surface areas of solids / C.H. Giles, T.H. MacEwan, S.N. Nakhwa [et al.] // J. Chem. Soc. – 1960. – № 10 – P. 3973–3993.
86. Фролов Ю.Т. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы: [учеб. для вузов] / Ю.Т. Фролов. – М.: Химия, 1988. – 464 с.